



Experimental-industrial technological regulations of alloyed steel grades in conditions of blast steel furnace-3 of RUP "BMZ" at application as burden materials of hot-pressed performs of steel chips ShH15SG is developed.

В. И. ТИМОШПОЛЬСКИЙ, И. А. ТРУСОВА, БНТУ

УДК 669.04

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОРЯЧЕПРЕССОВАННЫХ БРИКЕТОВ (НА ПРИМЕРЕ ОТХОДОВ ПОДШИПНИКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА)

Железосодержащие отходы условно можно разделить на две группы: первая – стружка (чугунная и стальная), скрап и т. п., вторая – оксидные материалы, к которым относятся окалина, пыль систем аспирации, шламы и другие отходы, в которых железо присутствует в виде FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 . Стружка представляет собой наиболее ценное и привлекательное с точки зрения металлургии сырье, так как имеет тот же состав, что и годная продукция.

Необходимо отметить, что ежегодно в Республике Беларусь образуется 200–250 тыс. т стальной и чугунной стружки (объем чугунной стружки порядка 20–25% от общего объема, объем стальной легированной стружки порядка 10%), поэтому

вопросы использования отходов черной стружки для РУП «БМЗ» имеют первостепенное значение [1].

Использование стружки насыпью (до 10%) дает повышенный угар. Исследования, проведенные совместно с работниками РУП «БМЗ», применительно к процессам плавки с использованием стальной стружки показали [2], что угар небрикетированной стружки в дуговых сталеплавильных печах может достигать 50%.

В связи с этим целесообразно применять брикетирование стружки (горячее и холодное). Горячепрессованные брикеты в сравнении с брикетами холодного прессования имеют преимущества, показанные на рис. 1.

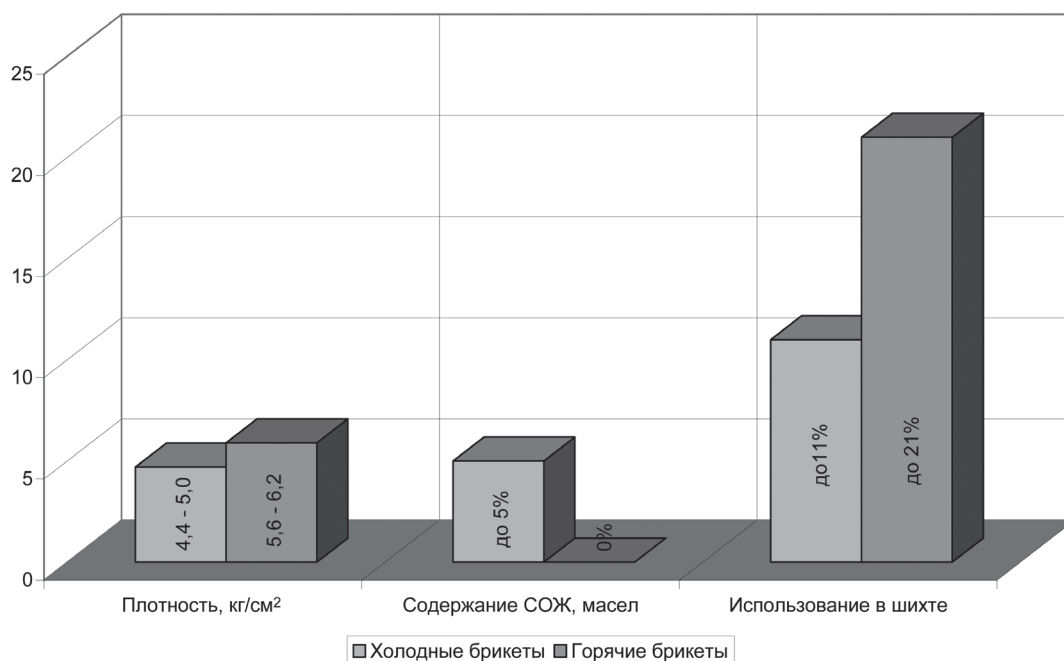


Рис. 1. Сравнительные характеристики брикетов горячего и холодного прессования

Учитывая, что наибольший экономический эффект (за счет экономии на покупке лома) при производстве стали дает применение легированной брикетированной стружки [1], а также то, что основная ее масса образуется на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь (ОАО «Минский подшипниковый завод», РУП «Минский автомобильный завод», ПО «Минский тракторный завод»), совместно со специалистами РУП «БМЗ» выполнены исследования, направленные на разработку технологии производства металлопроката из легированной стали в условиях Белорусского металлургического завода при использовании в качестве шихтовочных материалов брикетов из легированной стружки (ШХ15).

На основании анализа технологии выплавки стали в условиях Белорусского металлургического завода при проведении опытно-промышленных исследований рассмотрены следующие варианты шихтовки с учетом схемы укладки шихты в корзину и последовательности завалки корзин в печь (табл. 1).

На первом этапе промышленных исследований разработан технологический лабораторный регламент выплавки легированной стали с использованием горячепрессованных брикетов из отходов подшипникового производства, согласно которому в условиях ЭСПЦ-1 и ЭСПЦ-2 БМЗ были проведены серии балансовых плавки № 10778–10779 (марки 460 согласно Британскому стандарту BS 4449),

№ 30799–30803 (сталь 40X) и № 33049–33052 (сталь 45X). Во второй серии плавки № 30799 и 30800 проводили с использованием в шихте горячепрессованных брикетов из отходов подшипникового производства, а остальные – согласно заводской технологии.

В табл. 2 приведены состав шихты и основные технико-экономические параметры опытных плавки стали марки 40X.

Сравнение результатов опытных плавки и усредненных параметров плавки существующей технологии выплавки в ДСП-100 № 3 РУП «БМЗ» стали марки 40X представлено на рис. 2.

При проведении опытных плавки с использованием горячепрессованных брикетов из стружки стали ШХ15СГ отдельные технологические параметры были откорректированы, что позволило получить основные технико-экономических показатели, не уступающие базовой технологии, что, в свою очередь, доказало возможность использования брикетов в качестве заменителя кускового легированного лома категории Б1.

Сравнение основных технико-экономических показателей процесса выплавки сталей с базовым составом шихты (без использования горячепрессованных брикетов) и выплавки с использованием брикетов в шихте показало следующее:

1) средний расходный коэффициент при выплавке с использованием горячепрессованных бри-

Таблица 1. Варианты шихтовки с использованием горячепрессованных брикетов из отходов подшипникового производства

Порядок загрузки в корзины	1-й вариант		2-й вариант		3-й вариант		4-й вариант		5-й вариант		6-й вариант	
	завалка	подвалка	завалка	подвалка	завалка	подвалка	завалка	подвалка	завалка	подвалка	завалка	подвалка
Лом 2А,3А	50–55	35–40	50–55	40–45	50–55	45–50	40–45	35–40	40–45	35–40	35–40	35–40
Лом Б1-Б3	–	–	–	–	–	–	5–10	5–10	5–10	10–15	10–15	10–15
Лом 6Б1*(брикеты)	–	20	–	15	–	10	–	20	–	15	–	10
Чугун**	10		10	–	10	–	10	–	10	–	10	–
Итого	120–125		120–125		120–125		120–125		120–125		120–125	

* Брикеты загружать на «подушку» из легковесного лома массой 5–7 т.

** Присаживается в случае выплавки марок стали с содержанием углерода от 0,4% и выше.

Таблица 2. Основные технико-экономические параметры опытных плавки в ДСП-100 № 3 РУП «БМЗ» стали марки 40X

Номер плавки	Лом А, кг	Лом АП, кг	Лом Аоб, кг	Лом Боб, кг	Брикеты ШХ, кг	Итого металло-шихты, кг	Масса жидкого в ковше, кг	Выход годного, %	Электроэнергия, кВт·ч		Кислород, м ³		Известь, кг	
									общая	удельная на 1 т жидкой стали	общая	удельная на 1 т жидкой стали	общая	удельная на 1 т жидкой стали
30799	85,1	0	10	0	25	120,1	105	87,43	47187	449,40	3162	30,11	4322	41,16
30800	82,7	0	10,2	0	27,4	120,3	107	88,94	49951	466,83	3339	31,21	5270	49,25
	83,9	0	10,1	0	26,2	120,2	106	88,19	48569	458,12	3251	30,66	4796	45,21
30801	94,5	15,5	10	0	0	120	108	90,00	45001	416,68	2771	25,66	4364	40,41
30802	95	15,4	10	0	0	120,4	116	96,35	45641	393,46	2633	22,70	4241	36,56
30803	105,6	0	0	10,6	0	116,2	110	94,66	47075	427,95	2628	23,89	5035	45,77
	98,4	10,3	6,7	3,5	0,0	119	111,3	93,67	45905,7	412,70	2677	24,08	4546,7	40,91

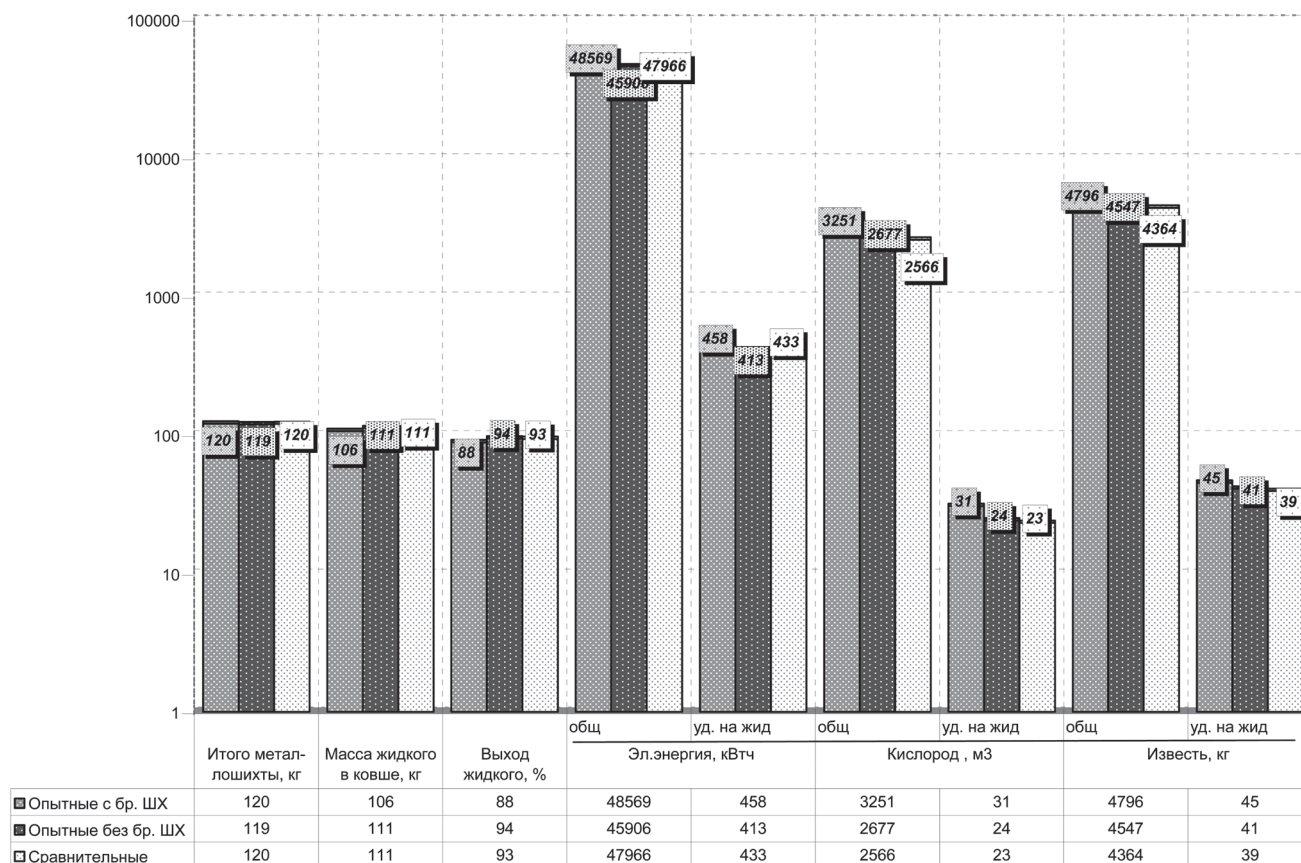


Рис. 2. Диаграмма энерготехнологических показателей опытных (№ 30799-30803) и сравнительных плавков

кетов по сравнению с базовой шихтовкой увеличился с 1,08 до 1,13;

2) общая продолжительность опытных плавков и время под током в среднем составили соответственно 72 и 47 мин, что находится на уровне штатной технологии;

3) удельный расход электроэнергии на 1 т жидкого металла при использовании брикетов изменялся от 419 до 467 кВт·ч/т и в среднем составил 442 кВт·ч/т, что соответствует плавкам штатной технологии;

4) расход природного газа и кислорода в горелках за время проведения опытных плавков в среднем составил соответственно 828 и 1576,5 м³ на одну плавку;

5) расход кислорода дутья изменялся от 1160 до 1511 м³ за плавку или в среднем 1319 м³ за плавку;

6) остальные технологические показатели опытных плавков соответствуют уровню штатной технологии;

7) химический состав и свойства готовой продукции соответствуют требованиям ГОСТ 4543 «Сталь легированная конструкционная» и Британскому стандарту BS 4449.

По результатам проведения опытных плавков были рассчитаны материальные и энергетические балансы (табл. 3).

На следующем этапе в соответствии с разработанным технологическим регламентом в условиях ДСП-3 ЭСПЦ-2 Белорусского металлургического завода были проведены две серии опытных плавков с использованием в металлошихте брикетов категории 6Б (из стружки стали ШХ15СГ):

- 1-я серия из четырех плавков (17.02.2006 г., плавки № 30888–30891, сталь 20ХНР);
- 2-я серия из четырех плавков (13.04.2006 г., плавки № 31893–31896, сталь 40Х).

С целью получения данных, необходимых для расчета материального и энергетического баланса печи, во время проведения экспериментальных работ дополнительно были выполнены следующие мероприятия.

1. Перед балансowymi (опытными) плавками осуществляли контрольную проверку весов, используемых в технологическом процессе.

2. Перед началом выплавки и по окончании каждой серии балансowych плавков производили полный выпуск металла и шлака из печи.

3. В процессе выплавки и выпуска металла из печи осуществляли полный хронометраж плавков.

4. Массу остатка металла и шлака в печи («болота») между плавками определяли визуально.

5. На опытных плавках, помимо проб, указанных в технологической инструкции, дополнитель-

Т а б л и ц а 3. Результаты расчета материального и энергетического балансов опытных плавов № 33049–33052 с использованием горячепрессованных брикетов из стружки стали ШХ15СГ

Номер плавки	33049		33050		33051		33052		Средние значения	
	Марка стали		45X		45X		45X			
Лом А, кг	85300		85300		75500		70200		79075	
Лом АП, кг	0		0		9800		14700		6125	
Лом Б1-3	19900		10800		10300		10100		12775	
Лом Боб, кг	0		10000		10200		0		5050	
Брикеты ШХ, кг	10000		9600		10100		20000		12425	
Чугун	0		0		4900		5000		2475	
Итого металлошихты, кг	115200		115700		120800		120000		117925	
Кокс дутья, кг	0		137		4		0		35	
Кокс, кг	660		830		840		870		800	
Известь, кг	4673		4407		4085		3635		4200	
Электроэнергия, кВт·ч	47420		45920		46965		44968		46318	
Газ, м³	822		777		891		822		828	
Кислород дутья, м³	1346		1160		1511		1259		1319	
Масса жидкого металла в ковше, кг	103000		103000		101000		110000		104250	
Масса жидкого металла в печи, кг	101501		105166		105166		107236		104767	
Масса шлака в печи, кг	13982		12600		12600		11542		12681	
Суммарное количество присадок в ковш, кг	2744		2927		2889		2735		2824	
Масса болота металла предыдущей плавки, кг	2700		1245		853		7055		2963	
Температура металла в печи, °С	1643		1673		1676		1672		1666	
Удельный расход электрической энергии на твердую шихту, кВт·ч/т	412		397		389		375		393	
Удельный расход электрической энергии на жидкий металл в печи, кВт·ч/т	467		437		447		419		442	
Удельный расход электрической энергии на жидкий металл в ковше, кВт·ч/т	460		446		465		409		445	
<i>Энергетический баланс</i>										
Марка стали	45X		45X		45X		45X		Средние значения	
	Номер плавки		33049		33050		33051			
Единица измерения	МДж	%	МДж	%	МДж	%	МДж	%	МДж	%
1. Тепло от электроэнергии	170712	69,01	165312	63,11	169074	66,51	161885	63,24	166746	65,47
2. Тепло от ТКГ	24315	9,83	22984	8,77	26356	10,37	24315	9,50	24492	9,62
3. Тепло химических реакций	38561	15,59	55290	21,11	43421	17,08	44959	17,56	45558	17,84
4. Тепло образования оксидов железа в шлаке	10366	4,19	9407	3,59	10743	4,23	10269	4,01	10196	4,00
5. Тепло шлакообразования	3258	1,32	7224	2,76	3406	1,34	4515	1,76	4601	1,79
6. Тепло, вносимое болотом	145	0,06	1738	0,66	1213	0,48	10027	3,92	3281	1,28
Итого	247358	100,00	261955	100,00	254214	100,00	255969	100,00	254874	100,00
1. Физическое тепло стали	145646	59,31	147364	59,70	153820	62,71	156487	63,52	150829	61,31
2. Физическое тепло шлака	25794	10,50	26874	10,89	25431	10,37	23200	9,42	25325	10,29
4. Тепло, уносимое уходящими газами	33280	13,55	32640	13,22	28800	11,74	29440	11,95	31040	12,62
5. Тепло, уносимое с охлаждающей водой	26000	10,59	25500	10,33	22500	9,17	23000	9,34	24250	9,86
6. Потери с электроэнергией	11950	4,87	11572	4,69	11835	4,83	11332	4,60	11672	4,74
7. Потери тепла открытой печью	1523	0,62	1523	0,62	1523	0,62	1523	0,62	1523	0,62
8. Потери тепла через наружную поверхность	1368	0,56	1368	0,55	1368	0,56	1368	0,56	1368	0,56
Итого	245561	100,00	246841	100,00	245277	100,00	246350	100,00	246007	100,00
Невязка баланса	2969	1,20	13960	5,33	355	0,14	-9619	-3,90	1916	0,69
КПД тепловой	0,69		0,66		0,70		0,72		0,694	

но отбирали пробы металла и шлака для проведения полного химического анализа после расплавления металлошихты и перед выпуском из печи.

На основании протоколов опытных плавов были определены общая продолжительность, время под током, расход электроэнергии, расход кислорода дутья, температура стали и содержание углерода на выпуске (табл. 4).

Средние удельные показатели на 1 т жидкого металла по каждой серии опытных плавов приведены в табл. 5.

Из таблиц видно, что основные энерготехнологические показатели плавов серий № 30888–30891 и 31893–31896 значительно отличаются. Если в первом случае удельный расход электроэнергии превышает 470 кВт·ч/т, то во втором составляет менее 400 кВт·ч/т, что соответствует характеристикам лучших зарубежных аналогов. Причинами такого значительного расхождения, как следует из подробного анализа технологии проведения плавов и вариантов шихтовки в данных сериях, являются стабильное количество «болота» во второй серии плавов (10–15% от общего объема расплава); активное использование газокислородных горелок; выпуск металла из печи с температурой перегрева, соответствующей требованиям технологической инструкции.

С использованием полученных данных были рассчитаны материальные и тепловые балансы опытных плавов (табл. 6–9).

В результате проведения работы установлено.

1. Тепловой КПД печи во время опытных плавов составил 69,6–71,95%, что соответствует показателям плавки при использовании штатной технологии.

2. Удельный расход электроэнергии из расчета на 1 т жидкого металла в серии плавов № 30888–30891 превысил 470 кВт·ч/т, что соответствует аналогичным показателям плавов, проведенных по штатной технологии без использования брикетов.

В серии плавов № 31893–31896 данный показатель достиг 400 кВт·ч/т. Это подтверждает, что активное использование газокислородных горелок и теплоты «болота» позволяет существенно уменьшить потребление электроэнергии.

3. Время под током и продолжительность опытных плавов составили в среднем соответственно 48,5–55,25 и 75–82 мин. Аналогичные параметры действующей технологии равны 51 и 68 мин. Некоторое увеличение общей продолжительности опытных плавов обусловлено необходимостью удаления вредных примесей, что вызвано использованием в шихтовке значительного количества лома А. Наличие брикетов в шихте не могло ока-

Т а б л и ц а 4. Количественные и временные показатели опытных плавов

Номер плавки	Общее время плавки, мин	Время под током, мин	Расход электроэнергии, кВт·ч	Расход кислорода дутья, м ³	Расход кислорода горелок, м ³	Суммарный расход кислорода, м ³	Температура стали на выпуске, °С	Содержание углерода на выпуске, %
<i>ЭСЦ-2 ДСП-3 (марка стали 20ХНР)</i>								
30888	100	59	53950	2564	1505	4069	1716	0,022
30889	66	53	47950	2312	1365	3678	1718	0,020
30890	88	56	49975	2550	1541	4091	1713	0,014
30891	74	53	48525	2314	1191	3505	1688	0,019
Средние значения	82	55,25	50100	2435	1400,5	3835,75	1709	0,019
<i>ЭСЦ-2 ДСП-3 (марка стали 40Х)</i>								
31893	88	52	47187	2706	2098	3162	1663	0,0751
31894	75	51	49951	2690	2086	3339	1652	0,0574
31895	70	45	45001	2610	2024	2771	1645	0,0436
31896	67	46	45641	2270	1760	2633	1640	0,042
Средние значения	75	48,5	46945	2569	1992	4561	1650	0,0545
Показатели штатной технологии	68	51	48208			3307		

Т а б л и ц а 5. Удельные показатели расхода электроэнергии и кислорода во время проведения опытных плавов

Номер плавки	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	Расход кислорода дутья, м ³ /т	Расход кислорода горелок, м ³ /т	Расход кислорода, м ³ /т
30888–30891	473,51	23,02	13,26	36,28
31893–31896	395,62	21,66	16,80	38,46

Таблица 6. Результаты расчета материального баланса для плавов № 30888–30891

Поступило, кг					Получено, кг				
Номер плавки	30888	30889	30890	30891	Номер плавки	30888	30889	30890	30891
Лом А	103000	87000	92000	92000	Металл	109024,42	97489,61	106402,17	110874,16
Лом А оборотный	4000	10000	10000	10000	Шлак	10299,51	10803,76	11219,38	11421,11
Лом А пакеты	15000	20000	15500	15000	Потери металла со шлаком	675,00	627,14	560,45	592,39
Лом Б оборотный					Уходящие газы				
Брикеты ШХ15СГ	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	СО	1544,83	1564,04	1216,11	1485,64
«Болото»(металл)	10000,00	5428,42	4910,39	1478,17	СО ₂	3550,38	3549,75	3170,22	3155,61
«Болото»(шлак)	2200,00	1300,00	1400,00	1400,00	N ₂	15042,21	8912,35	5329,64	8730,13
Известь	4322,00	5270,00	4364,00	4241,00	H ₂ O	1681,00	1666,25	1622,02	1410,66
Кокс	1260,00	1480,00	530,00	450,00	O ₂	566,37	424,41	253,38	365,14
Науглероживатель типа В	188,00	141,00	145,00	297,00	Fe ₂ O ₃ (в дым)	9456,48	5031,51	25,30	2358,30
Электроды	303,00	303,00	303,00	303,00	Итого	151840,20	130068,83	129798,66	140393,15
Доломит	250,00				Невязка	1,41	1,72	0,88	0,60
Окагыши МГО	660,00	1180,00	300,00	180,00					
Кислород горелок	2706,42	2690,94	2610,96	2270,40					
Природный газ	785,23	750,55	730,62	635,42					
Кислород дутья	1520,00	1790,00	1067,14	1247,14					
Азот	15042,21	8912,35	5329,64	8730,13					
Кислород воздуха	4143,73	2454,11	1466,63	2404,27					
Футеровка	600,00	600,00	600,00	600,00					
Итого	153980,59	132300,37	130936,60	141236,52					

Таблица 7. Результаты расчета материального баланса для плавов № 31893–31896

Поступило, кг					Получено, кг				
Номер плавки	31893	31894	31895	31896	Номер плавки	31893	31894	31895	31896
Лом А	103000,00	105000,00	108000,00	70000,00	Металл	114680,04	118413,84	121156,50	120823,40
Лом А оборотный	10000,00	10000,00	5000,00	10000,00	Шлак	10396,74	11261,09	11487,76	11181,55
Лом А пакеты	4000,00	2000,00	15500,00	15000,00	Потери металла со шлаком	650,00	655,42	665,07	666,16
Лом Б оборотный					Уходящие газы				
Брикеты ШХ15СГ	3000,00	3000,00	3000,00	3000,00	СО	1548,16	1583,85	1215,41	1541,43
«Болото»(металл)	10000,00	11084,04	16013,84	16232,50	СО ₂	3553,48	3568,19	3169,58	3207,55
«Болото»(шлак)	2200,00	1300,00	1400,00	1400,00	N ₂	15683,65	13258,81	15839,80	16672,74
Известь	4322,00	5270,00	4364,00	4241,00	H ₂ O	1681,00	1666,25	1622,02	1410,66
Кокс	1260,00	1480,00	530,00	450,00	O ₂	584,05	544,22	543,08	584,07
Науглероживатель тип В	188,00	141,00	145,00	297,00	Fe ₂ O ₃ (в дым)	9879,73	8236,93	8631,38	8786,16
Электроды	303,00	303,00	303,00	303,00	Итого	158656,85	159188,60	164330,60	164873,73
Доломит	250,00				Невязка	1,35	1,45	0,57	0,76
Окагыши МГО	660,00	1180,00	300,00	180,00					
Кислород горелок	2706,42	2690,94	2610,96	2270,40					
Природный газ	785,23	750,55	730,62	635,42					
Кислород дутья	1520,00	1790,00	1067,14	1247,14					
Азот	15683,65	13258,81	15839,80	16672,74					
Кислород воздуха	4320,53	3652,17	4363,67	4593,58					
Футеровка	600,00	600,00	600,00	600,00					
Итого	160798,83	161500,50	165268,04	166122,78					

зать столь негативного влияния на производительность печи, так как они имеют гарантированный химический состав стали ШХ15СГ и минимальное содержание серы и фосфора.

Учитывая положительные результаты проведения опытных плавов с использованием горяче-

прессованных брикетов из отходов подшипникового производства, на базе технологического регламента были разработаны и внедрены изменения в действующую технологическую инструкцию.

Результаты выполненных исследований были использованы при разработке технических усло-

Таблица 8. Результаты расчета теплового баланса для плавов № 30888–30891

<i>Приход тепла</i>								
Номер плавки	30888		30889		30890		30891	
	МДж	%	МДж	%	МДж	%	МДж	%
1. Тепло от «болота»	11200,00	3,79	6319,23	2,22	5678,38	2,38	1702,11	0,68
2. Тепло от электроэнергии	169873,20	57,52	179823,60	63,27	162000,00	67,87	164304,00	65,56
3. Тепло от ТКГ	30267,00	10,25	30001,50	10,56	29205,00	12,24	25399,50	10,13
4. Тепло химических реакций	34037,81	11,52	33554,09	11,81	30381,97	12,73	34675,61	13,84
5. Тепло образования оксидов железа	49911,28	16,90	34457,08	12,12	11376,32	4,77	24486,91	9,77
6. Тепло шлакообразования	60,32	0,02	61,26	0,02	51,17	0,02	49,92	0,02
Итого	295349,62	100,00	284216,76	100,00	238692,84	100,00	250618,06	100,00
Невязка	4,84		-4,67		4,33		4,91	
<i>Расход тепла</i>								
Номер плавки	30888		30889		30890		30891	
	МДж	%	МДж	%	МДж	%	МДж	%
1. Физическое тепло стали	179176,19	57,86	159468,62	58,86	171041,48	68,55	177842,15	67,48
2. Физическое тепло шлака	23566,30	7,61	24571,52	9,07	25418,63	10,19	25804,28	9,79
3. Тепло, уносимое уходящими газами	43461,94	14,04	32562,23	12,02	23797,46	9,54	29511,97	11,20
4. Тепло, уносимое железом в дым	19426,82	6,27	10336,43	3,81	41,12	0,02	3832,24	1,45
5. Тепло уносимое с охлаждающей водой	30932,62	9,99	30326,10	11,19	16590,42	6,65	13825,35	5,25
6. Потери с электроэнергией	10192,18	3,29	10789,42	3,98	9720,00	3,90	9858,46	3,74
7. Потери тепла открытой печью	1523,00	0,49	1523,00	0,56	1523,00	0,61	1523,00	0,58
8. Потери тепла через наружную поверхность	1368,00	0,44	1368,00	0,50	1368,00	0,55	1368,00	0,52
Итого	309647,05	100,00	270945,33	100,00	249500,12	100,00	263565,45	100,00

Таблица 9. Результаты расчета теплового баланса для плавов № 31893–31896

<i>Приход теплоты</i>								
Номер плавки	31893		31894		31895		31896	
	МДж	%	МДж	%	МДж	%	МДж	%
1. Тепло от «болота»	11200,00	3,76	12902,93	4,16	18518,41	6,22	18691,73	6,18
2. Тепло от электроэнергии	169873,20	56,95	179823,60	57,94	162000,00	54,44	164304,00	54,35
3. Тепло от ТКГ	30267,00	10,15	30001,50	9,67	29205,00	9,81	25399,50	8,40
4. Тепло химических реакций	34716,17	11,64	35845,91	11,55	30711,06	10,32	35719,83	11,82
5. Тепло образования оксидов железа	52145,23	17,48	51709,76	16,66	57068,10	19,18	58160,63	19,24
6. Тепло шлакообразования	61,30	0,02	65,49	0,02	52,99	0,02	48,18	0,02
Итого	298262,90	100,00	310349,18	100,00	297555,56	100,00	302323,87	100,00
Невязка	7,69		3,31		2,92		0,47	
<i>Расход теплоты</i>								
Номер плавки	31893		31894		31895		31896	
	МДж	%	МДж	%	МДж	%	МДж	%
1. Физическое тепло стали	188470,91	58,68	193695,45	60,41	194759,08	63,54	193800,74	63,80
2. Физическое тепло шлака	23788,78	7,41	25611,67	7,99	26026,66	8,49	25263,03	8,32
3. Тепло, уносимое уходящими газами	44617,00	13,89	40380,12	12,59	42507,15	13,87	43844,88	14,43
4. Тепло, уносимое железом в дым	20296,33	6,32	16921,46	5,28	14025,99	4,58	14277,51	4,70
5. Тепло, уносимое с охлаждающей водой	30932,62	9,63	30326,10	9,46	16590,42	5,41	13825,35	4,55
6. Потери с электроэнергией	10192,18	3,17	10789,42	3,37	9720,00	3,17	9858,46	3,25
7. Потери тепла открытой печью	1523,00	0,47	1523,00	0,48	1523,00	0,50	1523,00	0,50
8. Потери тепла через наружную поверхность	1368,00	0,43	1368,00	0,43	1368,00	0,45	1368,00	0,45
Итого	321188,82	100,00	320615,21	100,00	306520,30	100,00	303760,96	100,00

вий ТУ ВУ 400074854.021–2005 «Лом и отходы стальные для электросталеплавильного производства». В дальнейшем с целью нормирования требований к брикетам из стальной стружки, которые применяются в качестве шихтовых материалов при выплавке стали в сверхмощных ДСП, были разработаны заводские технические условия ЗТУ 840–20–2006 «Брикет металлургический для сталеплавильного производства».

Выводы

По результатам выполненных теоретических и экспериментальных исследований разработан опытно-промышленный технологический регла-

мент выплавки легированных марок стали в условиях ДСП-3 РУП «БМЗ» при использовании в качестве шихтовых материалов горячепрессованных брикетов из стружки стали ШХ15СГ; проведены серии опытных плавов и выполнен анализ полученных результатов; сделана оценка готового металлопроката на соответствие ГОСТ, действующим в металлургии; разработаны технические условия на горячепрессованные брикеты для металлургического производства и определена их металлургическая ценность и стоимость; разработаны и внесены изменения в действующую технологическую инструкцию по выплавке стали.

Литература

1. Анализ потенциальных направлений промышленной переработки стружки черных металлов в Республике Беларусь / В. И. Тимошпольский, М. Л. Герман, Э. А. Стеблова, Н. В. Якутович // *Литье и металлургия*. 2006. № 2. Ч. 2. С. 23–26.
2. Плавка стали с использованием холоднопрессованных брикетов из стальной стружки категории 7А, 7Б в условиях РУП «БМЗ» / В. И. Тимошпольский, Д. Н. Андрианов, Д. К. Грибок и др. // *Литье и металлургия*. 2006. № 3. С. 12–15.